

VÝŽIVOVÉ DOPLNKY

Kĺbová výživa



VÝŽIVOVÉ DOPLNKY

Antidopingová agentúra SR sa predovšetkým zaoberá dopingovými kontrolami, zakázanými látkami, vzdelávaním a prevenciou.

Vzhľadom na naše skúsenosti zo vzdelávacích seminárov a konzultácií sme sa rozhodli spustiť vzdelávací program so zameraním na **výživové doplnky**, v rámci ktorého chceme športovcom ponúknuť stručný prehľad, ako výživové doplnky fungujú a predovšetkým, na čo sú určené.

Určite vás upozorníme aj na možné riziká dopingového spojenia s ich užívaním, ale hlavný zámer je informovať o funkčnosti jednotlivých skupín výživových doplnkov.

Budeme sa snažiť nájsť odpoveď na tieto dve otázky:

*Na základe akého mechanizmu účinkujú?
Aké sú princípy, či úskalia ich užívania?*

Autori:
Mgr. Kristián Slíž (farmaceut, FF UK)
Ing. Tomáš Pagáč, PhD. (biochemik, SADA)



Kĺbová výživa pre kone?

V tretej časti nášho programu o výživových doplnkoch prinášame prehľad najznámejších zložiek, ktoré sú súčasťou výživových doplnkov zameraných na výživu kĺbov.

Táto problematika pravdepodobne v istom bode alebo skôr v istom veku začne rezonovať s väčšinou športovcov. Na trhu sa vyskytujú rôzne produkty, ktoré sľubujú zázraky, ale aj také, ktoré môžu naozaj reálne pomôcť.

Častokrát sme v praxi dostali od športovcov otázku či môžu alebo nemôžu užívať kĺbovú výživu pre kone. Je to povolené?

Z odborného hľadiska kĺbová výživa pre kone nie je vhodná na ľudskú konzumáciu. Samozrejme, že sa športovec neotrávi, ale je to asi tak, ako keby sa niekto spýtal či si môže dať na večeru konzervu mäsa pre mačky. No môže? V princípe áno, ale tá konzerva splňa výživové nároky mačky, a nie človeka.

Aj kôň má iné nároky na kĺbovú výživu, hlavne množstvo. Kôň má niekoľkokrát väčšiu hmotnosť ako človek, takže aj pomery živín sú „šité na mieru“ inak ako v prípade kĺbovej výživy pre športovcov.

V TOMTO VYDANÍ

HYDROLYZOVANÝ
KOLAGÉN

GLUKÓZAMÍN A
CHONDROITÍN

MSM

KOLAGÉN HYDROLYZÁT

Od pacientov s osteoartritídou až k športovcom

Kolagén hydrolyzát je výživový doplnok, ktorý môže byť prospešný pre pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov. Jedným z týchto ochorení je **osteoartritída**, bolestivé ochorenie kĺbov, ktoré sa prejavuje opuchom, stuhnutosťou a degeneratívnymi zmenami kĺbov ⁽¹⁾.

Pripravuje sa z prírodných zdrojov, pričom najčastejšie ide o rozličné hovädzie a bravčové tkanivá alebo kožu rýb. ⁽¹⁾ Výživový doplnok sa z týchto prírodných materiálov získava technologickou úpravou zahŕňajúcou procesy extrakcie, enzymatickej hydrolýzy, purifikácie, sterilizácie a sušenia. Z chemického hľadiska sa **kolagén hydrolyzát** skladá z peptidov kolagénu s nízkou molekulovou hmotnosťou, ktoré sú ľahko rozpustné vo vode ⁽²⁾.

Princíp technologickej úpravy prírodného kolagénu si môžeme predstaviť ako jednoduché štiepenie molekuly kolagénu (bielkoviny) na jej kratšie úseky (peptidy) až jednotlivé stavebné zložky (aminokyseliny). Tento proces technologickej úpravy sa nazýva hydrolýza kolagénu.

Prečo je výhodné molekulu kolagénu rozložiť na menšie časti? Zvierací kolagén je bielkovina, ktorá sa môže v ľudskom tele správať ako antigén (cudzorodá látka). Ako je všeobecne známe, prítomnosť antigénu v krvnej cirkulácii spôsobuje imunologickú odpoveď sprostredkovanú protilátkami. Prevenciou zápalovej odpovede je rozloženie kolagénu na jednotlivé stavebné zložky (peptidy, aminokyseliny), ktoré ľudské telo ako antigén nerozpoznáva.

V posledných dvoch desaťročiach sa pochopenie účinku **kolagén hydrolyzátu** na kĺbové tkanivo pacientov prehlbovalo na rozličných experimentálnych modeloch. Oesser a kolegovia v sérii **predklinických štúdií** dokázali, že **kolagén hydrolyzát** sa v tenkom čreve enzymaticky neštiepi, ale vstrebáva sa ako celok a následne sa ukladá v chrupavkovom tkanive, kde stimuluje produkciu kolagénu typu II (najdôležitejší proteín kĺbovej chrupavky). Navyše, dokázali tzv. *dose-response relationship* medzi koncentráciou **kolagén hydrolyzátu**, v ktorom boli bunky kĺbovej chrupavky, chondrocyty, kultivované a množstvom kolagénu typu II, ktorý produkovali. Z toho vyplýva hypotéza, že biologický účinok **kolagén hydrolyzátu** je priamo úmerný jeho dávke ⁽³⁾. Túto hypotézu následne potvrdila štúdia Ng a kolegov na podobnom experimentálnom modeli chondrocytov ⁽⁴⁾.

Poznatky týchto predklinických štúdií dopĺňujú výsledky mnohých **klinických štúdií**, ktorých experimentálne zistenia poskytujú dôkazy o prospešnom účinku **kolagén hydrolyzátu** na zdravie kĺbov naprieč rôznymi skupinami pacientov. Väčšina z týchto klinických štúdií potvrdila, že užívanie 7-10 g **kolagén hydrolyzátu** denne v období troch mesiacov vedie k zníženiu bolesti kĺbov, potreby užívania analgetík a posilneniu kostrového svalstva nôh u pacientov s diagnostikovanou **osteoartritídou** ⁽²⁾.

Po dokázaní prospešného účinku **kolagén hydrolyzátu** u pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov sa ďalším cieľom výskumu stalo objasnenie jeho účinku pre zdravých jedincov, ktorých bolesti kĺbov sú asociované s fyzickou aktivitou (športom).

Flechsengar a kolegovia v **observačnej štúdii** sledovali skupinu športovcov v olympijskom tréningovom centre Essen (Nemecko) trpiacich bolesťami kĺbov, ktorí nemali diagnostikované degeneratívne ochorenie kĺbov. Cieľom tejto štúdie bolo dokázať, že 10 g **kolagén hydrolyzátu** denne môže u týchto športovcov pozitívne vplývať na zníženie bolesti kĺbov asociovej s fyzickou aktivitou. Výskumnú vzorku tvorilo 100 športovcov s bolesťami kĺbov, ktorí užívali 10 g **kolagén hydrolyzátu** denne po dobu 12 týždňov. 78 % subjektov uviedlo ošetrojúcemu lekárovi po 12 týždňoch *zmiernenie bolesti kĺbov pri pohybe, chôdzi po schodoch a pri prenášaní predmetov* ⁽⁵⁾.

Nedostatkom spomínanej štúdie bola neprítomnosť kontrolnej skupiny, čo limituje použitie získaných údajov a potvrdenie hypotézy, že **kolagén hydrolyzát** je vhodným prostriedkom primárnej prevencie bolesti kĺbov u fyzicky aktívnych jedincov. Ďalší krok teda predstavovalo uskutočnenie podobnej štúdie, ktorá by porovnávala užívanie **kolagén hydrolyzátu** s užívaním placeba.

Clark a kolegovia túto medzeru vyplnili na výskumnej vzorke 147 športovcov, ktorú rozdelili na 2 skupiny. Skupina A užívala 25 ml tekutého prípravku, ktorý obsahoval 10 g **kolagén hydrolyzátu**. Skupina B užívala 25 ml tekutého prípravku, ktorý obsahoval placebo. **Kolagén hydrolyzát** alebo placebo užívali športovci po dobu 24 týždňov. Výsledky zaznamenané ošetrojúcim lekárom po štatistickom spracovaní naznačujú, že užívanie 10 g **kolagén hydrolyzátu** denne po dobu 24 týždňov môže pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti kĺbov pri zdvíhaní a prenášaní predmetov, pri státí či chôdzi, ale aj v relatívnom pokoji* ⁽²⁾.

Toto bola prvá **klinická štúdia** s 24 týždňovým trvaním, ktorej cieľom bolo preukázať podporu zdravia kĺbov u športovcov výživovým doplnkom **kolagén hydrolyzát**. Jej výsledky naďalej poukazujú na prospešný účinok **kolagén hydrolyzátu** v podpore zdravia kĺbov, ako aj v prevencii poškodenia kĺbov u tejto vysokorizikovej skupiny ľudí. Definitívne potvrdenie hypotézy si však stále vyžaduje podrobnejšie preskúmanie.

Užívanie 10 g **kolagén hydrolyzátu** denne po dobu 24 týždňov môže pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti kĺbov pri zdvíhaní a prenášaní predmetov, pri státí či chôdzi, ale aj v relatívnom pokoji* ⁽²⁾.

GLUKÓZAMÍN

Glukóзамín sulfát alebo hydrochlorid?

Glukóзамín, monomér chitózanu, sa prirodzene vytvára v našom tele z glukózy. Naš organizmus ho následne využíva na tvorbu stavebných zložiek chrupavky: proteoglykánov a glykozaminoglykánov. Vieme, že nedostatok proteoglykánov môže viesť k degenerácii kĺbovej chrupavky, a tak z uvedeného vyplynula hypotéza: „***Glukóзамín** vo forme výživového doplnku môže napomáhať k vyrovnaniu nedostatku proteoglykánov, a tým pádom môže byť prospešný pre pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov.*“ Primárnou cieľovou skupinou na preskúmanie tohto tvrdenia sa stali pacienti trpiaci na **osteoartritídu**. **Glukóзамín** im bol podávaný v dvoch formách, a to vo forme **glukóзамín sulfátu** alebo **glukóзамín hydrochloridu**. Obe soli **glukóзамínu** majú prírodný pôvod. Pripravujú sa z tkanív známych morských kôrovcov ako sú kraby, homáre alebo krevety ⁽⁶⁾.

V poslednom desaťročí sa pochopenie účinku **glukóзамín** na kĺbové tkanivo pacientov zhrnulo vo viacerých **systematických prehľadoch a meta-analýzach**. Rozsiahly výskum sa však nedočkal konzistentných výsledkov. Pokým jedna **meta-analýza** preukázala krátkodobý, ale nie dlhodobý účinok **glukóзамínu** na *úľavu od bolesti kĺbov*, **druhá meta-analýza** dospela k opačnému záveru. Niektoré **meta-analýzy** dokonca prospešný účinok **glukóзамínu** na *úľavu od bolesti kĺbov* nezaznamenali vôbec. Rovnaký prípad nastal aj pri hodnotení pozitívneho účinku na *funkčné vlastnosti kĺbov* ⁽⁶⁾.

Literatúra dnes naznačuje, že **glukóзамín sulfát** môže mať pozitívne účinky na *zmiernenie bolesti kĺbov a zlepšenie funkčných vlastností kĺbov* u pacientov s **osteoartritídou**, avšak užívanie **glukóзамín hydrochloridu** ostáva naďalej vedecky nepodložené. Ani jedna z týchto foriem glukozamínu nedokáže ovplyvniť progresiu ochorenia, a tak **glukóзамín sulfát** môže byť iba prostriedkom podpornej symptomatickej terapie ⁽⁶⁾.

Po dokázaní prospešného účinku **glukóзамín sulfátu** u pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov sa ďalším cieľom výskumu stalo objasnenie jeho účinku pre jedincov, ktorých bolesti kĺbov sú asociované s fyzickou aktivitou (športom).

Ostojic a kolegovia v **klinickej štúdii** sledovali *funkčné vlastnosti a mieru bolesti* športovcov po akútnom úraze kolenného kĺbu. Výskumnú vzorku tvorilo 106 športovcov, ktorých rozdelili do dvoch skupín. Skupina A užívala denne 1500 mg **glukóзамín sulfátu**, pokým skupina B užívala placebo. **Glukóзамín sulfát** alebo placebo užívali športovci po dobu 28 dní. Výsledky zaznamenané ošetrojúcim lekárom po štatistickom spracovaní naznačujú, že užívanie 1500 mg **glukóзамín sulfátu** denne po dobu 28 dní môže pozitívne vplývať na *funkčné vlastnosti kĺbov: flexia a extenzia kolenného kĺbu*, ale nemá vplyv na *bolesť* športovcov počas *chôdze a státia* ⁽⁷⁾.

Spomínaná štúdia sa zamerala na športovcov po úraze. *Čo však zdraví športovci, ktorí hľadajú prevenciu pred úrazmi a degeneratívnymi ochoreniami kĺbov? Môže byť glukóзамín sulfát prostriedkom ich preventívneho zámeru?*

Nagaoka a kolegovia túto otázku prehĺbili tvrdením, že športy s nadmerným zaťažením kĺbov môžu zvyšovať riziko poškodenia kĺbovej chrupavky, ktoré môže vyústiť do klinických symptómov **osteoartritídy**. Dôvodom degeneratívnych zmien je degradácia kolagénu typu II, ktorá je asociovaná najmä s vytrvalostnými športmi. Jedným z biologických účinkov **glukóзамín** je potlačanie degradácie kolagénu typu II, tento účinok označujeme ako chondroprotektívny. *Chondroprotektívny účinok glukóзамínu bol dokázaný u pacientov s osteoporózou, čo však zdraví športovci?* *Nagaoka a kolegovia* dospeli spracovaním dostupnej literatúry k záveru, že **glukóзамín** môže u vytrvalostných športovcov pôsobiť chondroprotektívne, avšak tento účinok odznieva po jeho vysadení. Z toho vyplýva hypotéza, že športovci so záujmom o podporu zdravia kĺbov by mali **glukóзамín** užívať dlhodobo ⁽⁸⁾.



CHONDROITÍN SULFÁT

Je jeho použitie vo výživových doplnkoch opodstatnené?

Chondroitín sulfát patrí do skupiny glykozaminoglykánov, ktoré sú jednou zo základných stavebných zložiek kĺbovej chrupavky. Úlohou **chondroitín sulfátu** v chrupavke je privádzať do nej vodu a živiny, znižovať zánik chondrocytov, stimulovať reparačné mechanizmy a potláčať aktivitu rozkladných enzýmov ⁽⁶⁾.

Chondroitín sulfát vo forme výživového doplnku sa pripravuje z hovädzej alebo žraločej chrupavky ⁽⁶⁾. V dávke 1200 mg denne nevykazuje žiadne vedľajšie účinky a považuje sa za bezpečný výživový doplnok ⁽⁹⁾.

V poslednom desaťročí sa pochopenie účinku **chondroitín sulfátu** na kĺbové tkanivo pacientov zhrnulo v siedmych **systematických prehľadoch** a **meta-analýzach**. Rozsiahly výskum sa však opäť nedočkal konzistentných výsledkov. Súčasné poznanie môžeme zhrnúť nasledovne: ***chondroitín sulfát** môže krátkodobo prispievať k zníženiu bolesti u pacientov s **osteoartritídou** a pravdepodobne môže oddialiť štrukturálne zmeny asociované s týmto degeneratívnym ochorením kĺbov. Prínos je však mierny a nemusí mať žiadny klinický význam ⁽⁶⁾.*

Nepresvedčivý účinok **chondroitín sulfátu** je pravdepodobne dôvodom, prečo sa v komerčne dostupných produktoch vyskytuje zriedkavo osamote a takmer vždy je kombinovaný s **glukóзамín sulfátom**. Účinnosť tejto kombinácie dosiaľ overila iba jedna **meta-analýza**. Jej výstupom bolo zistenie, že **glukóзамín** a **chondroitín** môžu pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti* a *zlepšenie funkčných vlastností kĺbov* u pacientov s **osteoartritídou**. Neexistuje však dôkaz, že táto kombinácia prináša dodatočný benefit voči užívaniu samotného **glukóзамín sulfátu**. Výskum naopak naznačuje, že nízka miera prospešného účinku **chondroitín sulfátu** vedie k neopodstatnenosti jeho použitia v danej kombinácii ⁽⁶⁾.

Po preskúmaní účinku **chondroitín sulfátu** osamote a v kombinácii s **glukóзамín sulfátom** na vzorke pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov, môže byť ďalším cieľom výskumu objasnenie jeho účinku pre zdravých jedincov, ktorých bolesti kĺbov sú asociované s fyzickou aktivitou (športom). *Môže byť **chondroitín sulfát** preventívnym prostriedkom pre športovcov s nadmerným zaťažením kĺbov?* Odpoveď na túto otázku v súčasnej dobe nevieme.



METYLSULFONYLMETÁN

Čo hovorí veda na tento populárny výživový doplnok?

Metylsulfonylmetán (MSM) je výživový doplnok, ktorý sa často kombinuje s **glukóзамínom** a/alebo **chondroitínom**. Ide o prírodnú zlúčeninu síry, ktorá je v dennej dávke do 4 g dobre tolerovaná a má iba minimálne množstvo nežiaducich účinkov ⁽⁶⁾. Výrobcovia MSM deklarujú protizápalový a analgetický účinok, čo na to hovoria vedecké zdroje?

Kim a kolegovia v **klinickej štúdii** sledovali *funkčné vlastnosti* a mieru bolesti kolenného kĺbu pacientov s **osteoartrítidou**. Výskumnú vzorku tvorilo 50 pacientov, ktorých rozdelili do dvoch skupín. Skupina A užívala dvakrát denne 3000 mg MSM, pokým skupina B užívala placebo. **MSM** alebo placebo užívali pacienti po dobu 12 týždňov. Výsledky zaznamenané ošetrovúcim lekárom po štatistickom spracovaní naznačujú, že užívanie 6000 mg **MSM** denne, rozdeleného do dvoch dávok, po dobu 12 týždňov môže pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti a funkčné vlastnosti kĺbov* pacientov s **osteoartrítidou** ⁽¹⁰⁾.

Lubis a kolegovia v **klinickej štúdii** opäť sledovali *funkčné vlastnosti* a mieru bolesti kolenného kĺbu pacientov s **osteoartrítidou**. Výskumnú vzorku tvorilo 147 pacientov, ktorých rozdelili do troch skupín. Skupina A užívala 1500 mg **glukóзамín sulfátu** + 1200 mg **chondroitín sulfátu**. Skupina B užívala 1500 mg **glukóзамín sulfátu** + 1200 mg **chondroitín sulfátu** + 500 mg **MSM**, pokým skupina C užívala placebo. Dĺžka trvania liečby bola 12 týždňov. Výsledky zaznamenané ošetrovúcim lekárom po štatistickom spracovaní naznačujú, že užívanie kombinácie **glukóзамín sulfát + chondroitín sulfát + MSM** po dobu 12 týždňov môže intenzívnejšie vplývať na *zmiernenie bolesti a funkčné vlastnosti kĺbov* pacientov s **osteoartrítidou** ako zaužívaná kombinácia **glukóзамín sulfát + chondroitín sulfát** ⁽¹¹⁾.

Pri **chondroitín sulfáte** sme si spomínali, že výskum naznačuje neopodstatnenosť jeho použitia v kombinácii s **glukóзамín sulfátom** kvôli nízkej miere jeho prospešného účinku. Čo ak by sme ho z hore uvedenej kombinácie vynechali? Uvádza literatúra dôkazy o účinnosti kombinácie **glukóзамín sulfátu s MSM**?

Usha a Naidu v **klinickej štúdii** uvádzajú, že užívanie kombinácie **glukóзамín sulfát** (500 mg) + **MSM** (500 mg) trikrát denne po dobu 12 týždňov môže pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti a funkčné vlastnosti kĺbov* pacientov s **osteoartrítidou** ⁽¹²⁾.

Po dokázaní prospešného účinku **MSM** pre pacientov trpiacich na degeneratívne ochorenia kĺbov sa ďalším cieľom výskumu stalo objasnenie jeho účinku pre jedincov, ktorých bolesti kĺbov sú asociované s fyzickou aktivitou (športom).

Withee a kolegovia v **klinickej štúdii** sledovali okrem iného aj *mieru bolesti kĺbov* športovcov po ubehnutí polmaratónu. Výskumnú vzorku tvorilo 22 ľudí, ktorých rozdelili do dvoch skupín. Skupina A užívala 3000 mg **MSM**, pokým skupina B užívala placebo. **MSM** alebo placebo užívali športovci po dobu 21 dní pred polmaratónom a 2 dni po ňom. Výsledky zaznamenané ošetrovúcim lekárom po štatistickom spracovaní naznačujú, že užívanie 3000 mg **MSM** môže mať preventívny účinok a môže pozitívne vplývať na *zmiernenie bolesti kĺbov* asociovej s fyzickou aktivitou (športom) ⁽¹³⁾.

Toto je jedna z mála **klinických štúdií**, ktorých cieľom je preukázať podporu zdravia kĺbov u športovcov výživovým doplnkom **MSM**. Jej výsledky sú nádejné, avšak problematika si vyžaduje podrobnejšie preskúmanie. Potenciálnym cieľom ďalšieho výskumu by mohlo byť preukázanie preventívneho účinku **glukóзамín sulfátu + MSM** v boji proti úrazom a ochoreniam kĺbov u športovcov.





ZÁVER

Problematika kĺbovej výživy je naozaj komplikovaná. Chceme poukázať predovšetkým na fakt, že nie všetky tvrdenia sú pri výživových doplnkoch pravdivé, resp. aj reálne dokázané. Zároveň je dôležité vnímať aj fakt, že ľudský organizmus prirodzene získava zo stravy jednotlivé zložky dôležité pre kĺby, takže opäť platí, že pestrá a vyvážená strava je pre športovca základ, 80 % úspechu. A zvyšných 20 % už môžeme potom doplniť výživovými doplnkami. V dnešnej dobe sa stretávame skôr s opačným prístupom, kde sa strava nepokladá za dôležitú, ale výživové doplnky majú zázračne všetko vyriešiť. A to dodať výživu kĺbom a kostiam, rehydratovať, doplniť energiu alebo pomôcť s regeneráciou. Skutočne sa doba vyvíja smerom, že toto považujeme za cestu športového úspechu?

ZDROJE

(1) León-López A, Morales-Peñaloza A, Martínez-Juárez VM, Vargas-Torres A, Zeugolis DI, Aguirre-Álvarez G. *Hydrolyzed Collagen-Sources and Applications*. Molecules. 2019;24(22):4031. Published 2019 Nov 7. Dostupné na: DOI:10.3390/molecules24224031

(2) Kristine L. Clark, Wayne Sebastianelli, Klaus R. Flechsenhar, Douglas F. Aukermann, Felix Meza, Roberta L. Millard, John R. Deitch, Paul S. Sherbondy & Ann Albert (2008) *24-Week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain*, Current Medical Research and Opinion, 24:5, 1485-1496, Dostupné na: DOI: 10.1185/030079908X291967

(3) Oesser S, Seifert J. *Stimulation of type II collagen biosynthesis and secretion in bovine chondrocytes cultured with degraded collagen*. Cell Tissue Res 2003;311:393-9, Dostupné na: DOI: 10.1007/s00441-003-0702-8

(4) Ng KW, Saliman JD, Tan K, Statman LY, et al. *Collagen hydrolysate increases the mechanical properties and type II collagen synthesis of tissue engineered articular cartilage*. Paper presented at: 51st Annual Meeting of the Orthopedic Research Society; February 2005, Washington, DC

(5) Flechsenhar K, Alf D. *Ergebnisse einer Anwendungsbeobachtung zu Kollagen-Hydrolysat CH-Alpha*. Orthopaedische Praxis 2005;9:486-94

(6) Lim, Y. Z., Hussain, M., Cicuttini, F., & Wang, Y. (2019). *Nutrients and Dietary Supplements for Osteoarthritis*. In R. R. Watson, & V. R. Preedy (Eds.), Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases (2 ed., pp. 97-137). Elsevier. Dostupné na: DOI: 10.1016/B978-0-12-813820-5.00006-4

(7) Ostojic SM, Arsic M, Prodanovic S, Vukovic J, Zlatanovic M. *Glucosamine administration in athletes: effects on recovery of acute knee injury*. Res Sports Med. 2007;15(2):113-124. Dostupné na : DOI: 10.1080/15438620701405248

(8) Nagaoka I, Tsuruta A, Yoshimura M. *Chondroprotective action of glucosamine, a chitosan monomer, on the joint health of athletes*. Int J Biol Macromol. 2019;132:795-800. Dostupné na: DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.234D

(9) Hathcock JN, Shao A. *Risk assessment for glucosamine and chondroitin sulfate*. Regul Toxicol Pharmacol. 2007;47(1):78-83. Dostupné na: DOI: 10.1016/j.yrtph.2006.07.004

(10) Kim LS, Axelrod LJ, Howard P, Buratovich N, Waters RF. *Efficacy of methylsulfonylmethane (MSM) in osteoarthritis pain of the knee: a pilot clinical trial*. Osteoarthritis Cartilage. 2006;14(3):286-294. Dostupné na: DOI:10.1016/j.joca.2005.10.003

(11) Lubis AMT, Siagian C, Wonggokusuma E, Marsetyo AF, Setyohadi B. *Comparison of Glucosamine-Chondroitin Sulfate with and without Methylsulfonylmethane in Grade I-II Knee Osteoarthritis: A Double Blind Randomized Controlled Trial*. Acta Med Indones. 2017;49(2):105-111. Dostupné na: PMID: 28790224

(12) Usha, P.R., Naidu, M.U.R. *Randomised, Double-Blind, Parallel, Placebo-Controlled Study of Oral Glucosamine, Methylsulfonylmethane and their Combination in Osteoarthritis*. Clin. Drug Investig. 24, 353–363 (2004). Dostupné na: DOI: 10.2165/00044011-200424060-00005

(13) Withee ED, Tippens KM, Dehen R, Tibbitts D, Hanes D, Zwickey H. *Effects of Methylsulfonylmethane (MSM) on exercise-induced oxidative stress, muscle damage, and pain following a half-marathon: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial*. J Int Soc Sports Nutr. 2017;14:24. Published 2017 Jul 21. Dostupné na: DOI: 10.1186/s12970-017-0181-z